

しんにつつまきん

季刊 新日鉄住金

Vol.11



地底からキッチンまで 天然ガスのサプライチェーン



特集 地底からキッチンまで 天然ガスのサプライチェーン

- 4 Cooking Talk
中華は火加減が命
陳 建一氏(料理人)
- 6 **暮らしを変えたエネルギー
ガスの歴史と進化**
取材協力・写真提供 東京ガス(株)
- 12 **教えて恐竜さん
天然ガスって、なんだろう？**
監修 国際石油開発帝石(株)
- 14 PROJECT STORY
**日本の未来に天然ガスを届ける
オーストラリア
イクシスLNGプロジェクト**
- 22 実験教室
**－162℃の世界を
液体窒素で見てみよう**
米村 でんじろう氏(サイエンスプロデューサー)
- 24 技術図鑑
**天然ガスの
サプライチェーンをつなぐ鉄**
- 30 **第47回市村産業賞「本賞」を受賞！
環境負荷低減型超ハイテン
橋梁ケーブル用鋼線材の開発**
- 34 News Clip
新日鉄住金グループの動き

新日鉄住金株式会社 広報誌 季刊 新日鉄住金

Vol.11 2015年9月1日発行

〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
TEL.03-6867-4111 <http://www.nssmc.com/>

編集発行人 総務部広報センター所長 高橋 望

企画・編集・デザイン・印刷 株式会社 日活アド・エイジェンシー

- 本誌掲載の写真および図版・記事の無断転載を禁じます。
- ご意見・ご感想をぜひ綴じ込みはがきでお寄せください。

地底からキッチンまで 天然ガスのサプライチェーン

原料の段階から製品やサービスが消費者の手に届くまでのつながりをサプライチェーンといいます。ガスレンジや給湯器など、レバーを回したりボタンを押せば、いつでもガスを使うことができるのも、原料である天然ガスの採掘現場とつながっているからです。地底からキッチンまで、天然ガスのサプライチェーン構築に必要なインフラづくりに鉄は欠かせない素材です。鉄のテクノロジーが、私たちの豊かで快適な暮らしを支えるエネルギーの安定供給に貢献しています。



料理人 陳建一氏

中華料理の厨房は、どの店も同じ丸い火口のかまどが並んでいるように見えますが、火加減にこだわりがあり千差万別です。真ん中から一気に火を出す構造のかまどがあれば、ウチみたいに鉄鍋全体に火が当たる構造のかまどもあります。ウチでは鉄鍋のふち3センチ以外の全面を駆使することができるので、鍋振りのテクニクが必要になります。鍋振りによって、かまどからの熱い気流で食材の水分をうまく調整でき、ムラのないおいしい料理ができます。

ウチの店以外に出向いて料理する場合、いつも使っている食材や道具を現場に送ります。でも火はその場所の火を使うしかない。いつもの塩梅と違うわけだから、必ず事前に料理して火の特徴をつかまえます。ここは火力が弱いから水分の出ない旬の素材を使おうとか、考えながらメニュー構成を設計して宴会に挑みます。

中華は火加減が命

ガス供給に携わる人たちに感謝





料理って、奥が深いでしょう。鉄づくりも同じだと思います。さまざまな鉄鋼製品には、新日鉄住金の技術やポリシーといったもののづくりの心が込められているはず。もののづくりの心には、時代の変化に応じて進化していかなければならない部分と、絶対に変えてはいけな部分があります。

料理は今やグローバルになり過ぎました。インターネットで世界はつながっています。情報があふれ、行く前にどんな料理がある程度わかってしまう。だから料理は原点に戻るべきだと思っています。そこに行かなければ絶対味わえない料理をつくるため、僕は手づくりを極めたいと考えています。例えば坦々^{たんたん}麵のゴマを業者から買ってそのまま使うのではな

く、ウチで炒って、すり潰して、芝麻醬^{芝麻醬}という調味料をつくっています。それをもっともつと大事にしたい。そのためには労力が必要です。人件費もかかります。でも、そこは守らなければならぬ、絶対に変えてはいけな部分だと確信しています。

人は便利になると原点を忘れがちです。ガスは元栓をひねれば出ると思ったら大間違い。一体誰がガスをつくって、運んでくれているのか。火がなければ僕は仕事できません。だから厨房に入ったら、食材を提供してくれる農家や八百屋の皆さんと同じように、ガス供給に携わる人たちに感謝します。そういった人たちがいるからこそ、僕ら料理人は腕を振るうことができるからです。

(談)

家庭でつくれる! おいしいチャーハン

■ 材料 (1人分)

ごはん……………200g
卵……………1個
ウインナー……………60g
にんじん……………100g
しいたけ……………2枚
ねぎみじん切り……………適量
万能ねぎみじん切り……………適量



■ 調味料

塩……………少々
昆布茶……………少々
酒……………小さじ2
しょう油……………小さじ1
オイスターソース……………小さじ1/3
こしょう……………少々
サラダ油……………適量



■ つくり方

- ① ウインナー、にんじん、しいたけを2ミリ角に切る
- ② フライパンにサラダ油大さじ1を入れ、ウインナーを香り良く炒め、にんじん、しいたけを加え、さらに炒める

Point ウインナーがフライパンで踊り始めたら取り出す

- ③ ごはんに卵を入れ、卵かけごはんのように、よく混ぜ合わせる
- ④ フライパンにサラダ油を入れ、③をゆっくりと炒めていく

Point 卵に火が通ってくると、自然にパラパラになる

- ⑤ ④に②を加えて炒め、塩、昆布茶、こしょうで味付けし、ボールなどにAを合わせフライパンのふちから回し入れ、ねぎと万能ねぎのみじん切りを入れて完成



陳建一 (ちん・けんいち)
1956(昭和31)年東京生まれ。日本に初めて四川料理を紹介した故・陳建民氏の長男。93(平成5)年より放映のフジテレビ「料理の鉄人」・NHK「きょうの料理」などに出演。2011(平成23)年(公社)日本中国料理協会会長、13(平成25)年黄綬褒章受章。東日本大震災発生直後の4月、岩手県釜石市や大槌町を訪れ、自ら運んだ食材で麻婆豆腐や五目中華丼などを料理し、被災者延べ600人と救援活動にあたる人々に提供した。



東京名所図会銀座通煉瓦造
(三代目 歌川広重)

東京でガス灯が初めて設置された銀座通りの様子。ガス灯の脇に立つのは「点消方」と呼ばれる人たちで、夕暮れになると点火棒を持って火をともし、朝になると消してまわった。



暮らしを変えたエネルギー ガスの歴史と進化

●取材協力・写真提供 東京ガス(株)

ガスの存在は太古の昔より知られていましたが、人間が自在に操れるようになったのは産業革命以後のこと。私たちの暮らしを劇的に変え、今や欠かせないエネルギーとなったガスは、どのように産業化され、進化を遂げていったのでしょうか。



横浜のガス灯

日本初のガス街路灯。裸火の照明で、現在はこの明るさではなかったが、当時の人々の目には文明開化のまばゆい明かりとして映った。

世界初のガス事業はイギリスから

1792年、イギリス人ウィリアム・ムルドックは、蒸し焼きにした石炭からガスを取り出して灯りをともし、人々を驚かせました。これが世界初のガス灯であり、人の手によるガス利用の始まりとされています。ムルドックは、蒸気機関の発明者ジェイムズ・ワットの工場技師でもありました。その後、1812年、イギリスのフレデリック・ウィンザーらによって世界初のガス会社「ガスライト・アンド・コークス」が設立され、ロンドンの通りに街路灯が立ちます。

このようにガス事業は「灯り」から始まった一方、ヨーロッパでは内燃機関への応用も早くから研究されました。1859年、フランスのエティエンヌ・ルノアールは世界初のガスエンジンを発明。ドイツのニコラス・オットーはそれらをさらに進化させたガスエンジンを開発し、のちのガソリンエンジンへとつなげています。オットーの工場ではその後「自動車之父」となる、ダイムラー・ベンツ社の創始者ゴットリブ・ダイムラーが技術者として働いていました。



ガス灯の説明をするフレデリック・ウィンザー
(1804年・ロンドンのリシューム劇場)

フレデリック・ウィンザー(1763~1830)は、のちに世界初のガス会社をロンドンに設立した。

日本のガス灯普及に尽力した人々



高島嘉右衛門(1832~1914)

茨城県出身。実業家。1872(明治5)年、横浜の大江橋から馬車道、本町通りにかけて日本で初めてのガス灯を設置。鉄道建設や学校の設立など教育にも力を注いだ。



アンリ・ブレグラン(1841~1882)

フランス・ボレーヌ出身。上海でガス事業を立ち上げたあとに来日。高島嘉右衛門と共に横浜、東京で日本初となるガス事業を手がけた。



渋沢栄一(1840~1931)

埼玉県出身。実業家。大蔵官僚、東京瓦斯会社の創立委員長、第一国立銀行頭取などを歴任し、明治・大正期の実業家として数多くの業績を残す。東京商法会議所(現・東京商工会議所)初代会頭。東京市養育院などの社会事業にも力を注いだ。

鹿鳴館のガスランプ

黎明期は装飾的なガス灯も多く製造され、日本にも輸入された。写真は明治政府の迎賓館である鹿鳴館で実際に使われたガス灯。華麗なデザインが目をひく。



横浜郵便局開業之図(三代目 歌川広重)

1875(明治8)年、横浜郵便局の開局を描いた錦絵。建物のまわりにガス灯が設置され、建物正面のバルコニーには菊型の「花ガス」がとまった。花ガスとはガスを使ったイルミネーションで明治期に流行した。

その歴史は「灯り」として 始まった



銀座商店夜景(井上安治)

1882(明治15)年に描かれた夜の銀座の風景。店内にガス室内灯がとまり、陳列品を明るく照らしている。ガス灯により、夜のショッピングなど新しい風俗が広がっていった。



マントルガス灯

1886(明治19)年、オーストリアのカール・ヴェルスバッハによって発明された。現在でもアウトドア用ガスランタンなどで使われている。

日本でのガス事業の歴史は、ヨーロッパの技術を導入することから始まりました。横浜港の埋め立てや鉄道建設などで知られる実業家・高島嘉右衛門は、フランス人技術者アンリ・ブレグランの指導のもと、1872(明治5)年、横浜でガス事業を興し、日本で初めて十数基のガス灯をともしました。その日、10月31日はガスの記念日になっています。

東京・銀座にガス灯がとまったのは、横浜から2年遅れた1874(明治7)年。浜松町近くの金杉橋に建てられた工場からガスが供給されて、新橋・京橋へと抜ける現在の銀座通り沿いに85基のガス灯が立ち並び、文明開化に沸く銀座の瀟洒な建物を照らし出しました。こうした様子は当時流行した錦絵にも多く描かれています。

当初、東京のガス事業は東京会議所(東京商工会議所の前身)と東京府が行っていました。1885(明治18)年に民間に払い下げられ、東京瓦斯会社(現在の東京ガス株式会社)が発足します。創立委員長は日本を代表する実業家として知られる渋沢栄一でした。東京瓦斯会社の発足当初、需要家はわずか343戸でしたが、1910(明治43)年には12万6000戸まで急増。この背景には、発光剤をしま込ませた袋を裸火にかぶせて熱することによって明るさが5倍になるというガスマントルの発明がありました。こうした技術革新により普及が進み、ガス灯は明治期における「灯り」としての地位を確立したのです。



英国製 1G ストープ

明治時代、海外から輸入されたガスストーブは重厚で、工芸品のように美しいデザインのものが多い。上流階級の暖房器具として使われていた。

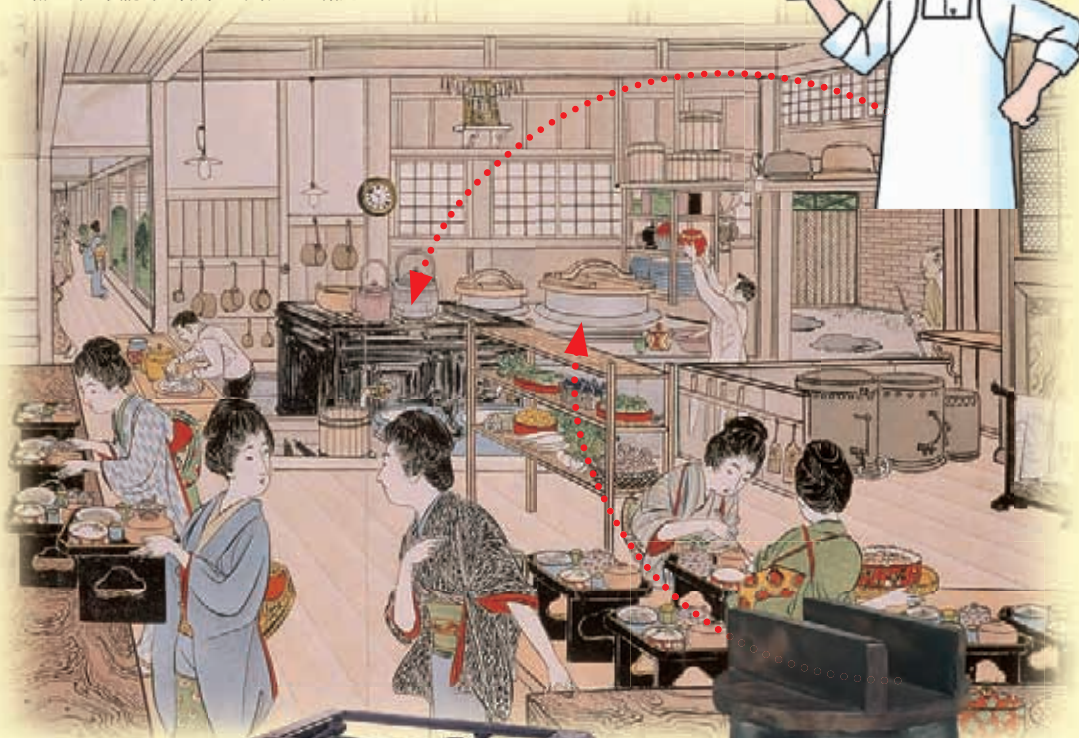


ガス火鉢

大正期に入ると日本独自のガス器具も多くつくられた。畳の部屋に似合う和風暖房器具としてこのようなガス火鉢も考案された。

大隈重信邸の台所

1902(明治35)年、東京・早稲田にあった大隈邸。全焼したため、建て直しの際に台所をガス化した。右奥にガスかまど、正面奥にガスレンジが見える。衛生的で機能的な台所は当時大きな話題となった。



ガスアイロン

明治期の洋装の広がりとともにアイロンの需要が高まり、ガスアイロンも登場した。木炭アイロンと違って灰が飛ばない、温度が一定に保てるなどの利点があり普及が進んだ。



英国フレッチャラッセル社ガスレンジ

大隈邸に設置されたものと同じ英国製ガスレンジ。明治期のガス器具は輸入品が大半で、庶民にとってはまだまだ高嶺の花だった。

ガスかまど

米食の日本人に欠かせない「かまど」をガス化した製品。1902(明治35)年に開発された。のちのガス自動炊飯器へと発展していくこととなる。

調理具や暖房としての活用へ

1879年、トーマス・エジソンによる白熱電球の発明は、それまで灯りの主役であったガスにとっては大きな逆風でした。タンダステン電球、二重コイル電球など新しい技術が次々に発明され、手軽で安価に明るさを得られるようになると、電灯の普及が一気に進みます。日本でも1923(大正12)年の関東大震災でガス灯が破壊されると、その後は電気が主力となり、姿を消していきました。灯りという役割を失ったガスにとって、新たな活路となったのが熱源です。特に明治期後半から、手軽に点火・消火でき、自由に火力調整ができる調理具としての普及が少しずつ始まっていました。当時は食事の支度は薪や炭で火をおこすことが一般的でしたが、ガスを使うことでススも出ず、衛生的で調理がしやすいという利点がありました。

こうしたガス調理具が注目されるきっかけとなったのが、1901(明治34)年の大隈重信邸の失火です。火の不始末により全焼した大隈邸は、建て直しの際に台所をガス化しました。すると当時のベストセラーとなった『食道楽』(村井弦斎著)で、その便利さと清潔さが賞賛され、ガス調理具の存在が広く世に知られることとなりました。

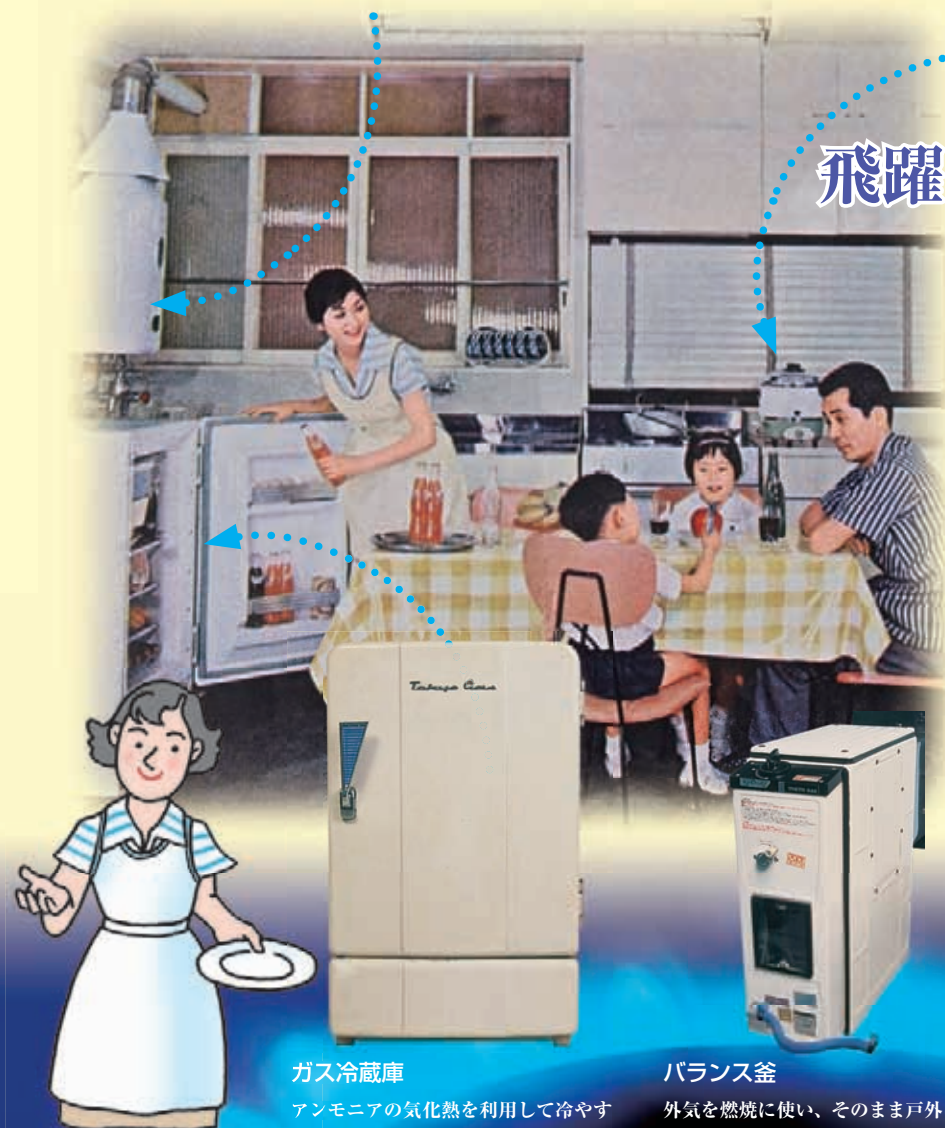
ただし、当時はまだ外国からの輸入品が中心で、なかなか庶民にまでは普及しませんでした。ガスストーブなども明治初期に海外から輸入されましたが、工芸品のようなデザインで非常に高価であり、上流階級でしか使われませんでした。

しかし、その後、大正から昭和初期にかけて国産品のガス器具が続々と誕生し、一般への普及が進みます。ガス調理具だけでなくガス湯沸器やガスアイロンなども使われるようになり、また、ガ

昭和30年代の生活風景

高度成長期以降、人々の暮らしも豊かになり、生活にもゆとりが生まれ、技術進歩によりガス器具も一層便利になった。

熱源として 飛躍を遂げていったガス



ガス冷蔵庫

アンモニアの気化熱を利用して冷やす冷蔵庫。モーターを使用していないので音がせず、昭和40年代まで広く利用された。

バランス釜

外気を燃焼に使い、そのまま戸外に排出する安全性の高いバランス型風呂釜（バランス釜）が開発されると、各家庭に内風呂が取り付けられるようになった。

ガス湯沸器

湯沸器は値段が高かったため、病院や理髪店などで主に利用されていたが、1965(昭和40)年に小型湯沸器が登場してからは一般家庭にも広まった。

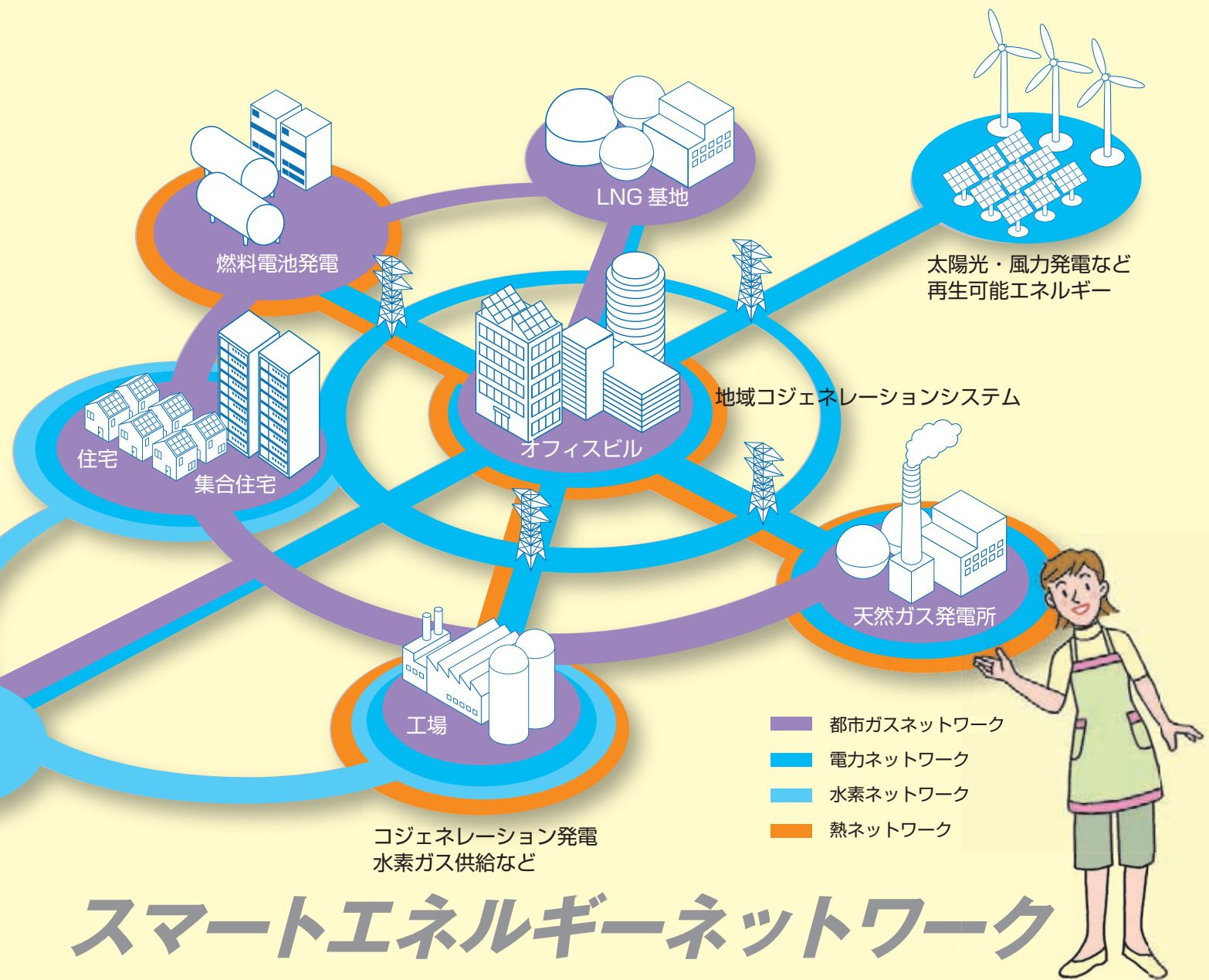


工場などの動力源としても活躍

ガスエンジン(左写真)が1889(明治22)年にドイツから輸入されると、印刷工場、めっき工場、機械工場などの動力は、ガスエンジンで発電した電気が使われた。東京郵便局(右写真)でも照明用として電気をつくっていた。



スかまどやガス火鉢などといった日本独自のガス器具も開発されるようになりました。
やがて昭和30年代の高度経済成長期に入ると、ガスは熱源としてますます身近な存在となっていきます。ガスレンジ、ガス冷蔵庫、ガス自動炊飯器、ガス風呂釜などはまさに豊かさの象徴であり、庶民の憧れとなりました。以後も多くの技術革新とともにガス器具は進化を続け、私たちの暮らしに欠かせない存在となっています。



環境にやさしい次世代エネルギー

灯りから熱源へとガスはその役割を変化させてきました。そして現在、従来の熱源にとどまらない新しいガスの活用が広がっています。

2005(平成17)年、都市ガスから取り出した水素と空気中の酸素で電気とお湯をつくる家庭用燃料電池が、世界初の商用1号機として首相公邸に設置されました。効率よくエネルギーが得られ、環境にもやさしいことから、その後も普及が進んでいます。また、産業分野でも極めて高い発電効率を誇るガスタービンコンバインドサイクル発電や、電力だけでなく冷暖房・給湯も行うコジェネレーションシステムなど、発電・省エネにおいてガスが活躍しています。

従来、エネルギーの主役は石油でしたが、オイルショックをきっかけに天然ガスへの転換が進みます。また、2000年代に入り、掘削技術が進化



天然ガス発電所

天然ガスを燃やしてガスタービンで発電したあと、排熱を利用して水を沸騰させ蒸気タービンによる発電も行うガスコンバインドサイクルを採用し、効率的なエネルギーの供給を実現している。

石炭から天然ガスへ

——ガス原料の変遷

灯りから熱へガスの用途は時代によって変化しましたが、実はその原料も時代によって変わっています。

ガス事業の黎明期から1950年代半ばまで、ガスの原料は貯蔵・運搬も容易な石炭でした。石炭を炉の中で一昼夜蒸し焼き(乾留)するとガスが発生し、炉にはコークスが残ります。そのコークスは、製鉄所などで鉄鉱石から鉄をつくるための還元材や熱源などとして利用されていました。

1955(昭和30)年ごろになると、石油が安価に入手できるようになり、石炭に変わって石油がガスの原料として使われるようになります。しかし1973(昭和48)年のオイルショックをきっかけに、天然ガスへの原料転換が加速します。

天然ガスは産地が世界中に分散しているので、地政学的なリスクが少ない。また超低温冷却で液体にすることで体積が600分の1になり大量輸送できる。燃焼時に発生する二酸化炭素、硫黄酸化物、窒素酸化物が少なくクリーンであるなど、多くの利点があります。最近ではシェールガスの採掘が始まり、可採埋蔵量も大幅に増加しました。こうして天然ガスは、私たちの暮らしや産業を支えるエネルギーの主役となっています。



都市ガス原料の天然ガスへの切り替えに伴って、1972(昭和47)年からガス器具の調整を行う熱量変更作業が進められた。



東京ガス GAS MUSEUM gas資料館

明治期の赤レンガの建物内に鹿鳴館で実際に使われたガス灯など、歴史的価値の高いガス器具や、ガスにまつわる錦絵(多色刷り浮世絵)を展示。庭園には日本初のガス事業で使用された横浜のガス灯も設置されている。

入館料：無料

開館：10～17時(月曜日/年末年始休館)

場所：東京都小平市大沼町4-31-25

アクセス：西武新宿線花小金井駅「花小金井駅入口」よりバスで約10分 ほか

ウェブサイト：<http://www.gasmuseum.jp/>



家庭用燃料電池

都市ガスから取り出した水素と空気中の酸素を反応させて電気をつくる。このときの排熱で給湯もできる。

※これはイメージです。実際の設置とは異なります。

より豊かで 快適な暮らしを支える



水素ステーション

水素ステーション

都市ガスから水素を取り出して燃料電池自動車に供給するための施設で、自動車にとつてのガソリンスタンドにあたる。燃料電池自動車は動力源に燃料電池を採用し、燃料の水素と空気中の酸素から発電し(燃料電池で化学反応させ)、得られた電気でモーターを駆動させ走る。走行時に排出されるのは水だけで、究極のエコカーとも言われている。

したことで、北米を中心に大量の「シェールガス」が採掘されるようになりました。これによって天然ガス供給量が飛躍的に増え、世界的な利用拡大が起きていることをニュースで耳にしている方も多いことでしょう。日本にも2017年以降、本格的に米国産シェールガス由来の天然ガスが輸入される予定になっています。

地球温暖化への対応、資源供給量の増加といった追い風を受け、天然ガス自動車や燃料電池自動車などの運輸技術、再生可能エネルギーや燃料電池などとの組み合わせによるスマートエネルギーネットワークなど、さらに高度な天然ガス利用への期待も高まっています。

約200年前、人の手によって灯った小さなガスの裸火は、私たちの新たな可能性を開くエネルギーとして、今、大きな輝きを放っています。

A

プランクトンなどの動植物の死がいからできたんだよ

Q

何から生まれたの？

天然ガスのお話

僕の仲間たちの
生まれ変わりだよ！

天然ガスは今から何千万年も昔に死んだ動物や植物、微生物、プランクトンの死がいなどが土砂と共に浅い海や湖に堆積し、微生物によってケロジェンという有機物に変化し、そのケロジェンが地熱によって分解され、それがさらに石油や天然ガスになったと言われています。天然ガスを産出する世界の主なガス田の地質年代を見ると、ジュラ紀（1億9960万～1億4550万年前）や白亜紀（1億4550万～6600万年前）に多く分布しています。

教えて恐竜さん 天然ガスって、なんだろう？

監修 国際石油開発帝石(株)

天然ガスは一体どのように生まれ、どうやって掘り出されているの。

動植物や微生物・プランクトンの死がい堆積して、石油や天然ガスのもとになるケロジェンという有機物に変化します。

古代(主にジュラ紀～白亜紀)

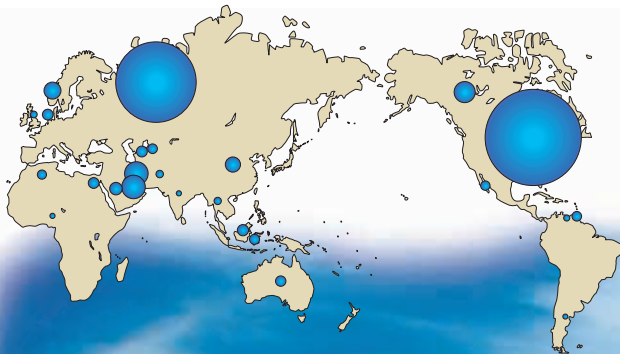
Q どうやって掘るの？

A 地下数千メートルの岩石の
小さなすき間に眠っているんだよ

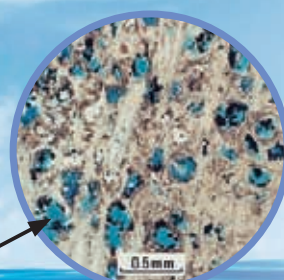
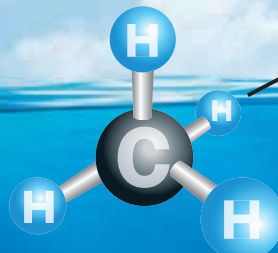
化石燃料と呼ばれる天然ガスは、化石が地中から発掘されるように地下から採掘されますが、決してプールのような大きな空洞の中にあるわけではありません。地上に比べて温度や圧力が非常に高い、深さ数千メートルの地層にある岩石の１ミリにも満たない小さな粒のすき間に押し込まれるようにたまっているのです。そのため天然ガスを掘り出す井戸がつくられると、地上との圧力の差でガスは勢いよく地上まで噴き出てきます。

天然ガスは中東、ロシア、豪州、インドネシア、カナダ、米国などの陸上や沿岸部および沖合で産出されています。日本でも北海道や秋田県、新潟県、千葉県などにガス田があります。世界の天然ガス確認埋蔵量は約200兆立方メートルにのぼり、石油を上回っています。

天然ガスの産出地



天然ガスの主成分は
メタン(CH₄)



青い部分が天然ガス

燃焼時のNOx(窒素酸化物)や
SOx(硫黄酸化物)の発生が、
石油や石炭に比べて少なく、
環境にやさしいエネルギー

油井管

天然ガス層

石油層

天然ガスの掘削は、バウムクーヘンのように何層にも重なった地層に細い針金を押し入れるようなものだといえられます。針金に相当するのが油井管と呼ばれる鉄のパイプです。掘削はダイヤモンドの歯の付いたビットと呼ばれるカッターをドリルパイプの先端に取り付け、回転させて掘り進めていきます。

昔は垂直にしか掘り進むことができません、複雑な地層を突き抜けて深いガス層にたどり着けるかは運任せでした。しかし現在では狙ったガス層に到達できる装置が開発され、掘り進む方向も自在にコントロールできるようになってきました。その結果、日本で一番深く掘った記録は6310メートル、海外では1万2261メートルに達しています。また地層に沿って水平に掘ったり、1本の井戸から何本も枝分かれして掘れるようになり、井戸1本当たりの生産効率が大きく向上しています。

Q どうやって、掘り出すの？
A 丈夫な鉄のパイプを使って
採掘しているんだよ



長い年月をかけて地熱により
分解され、石油や天然ガスが
形成されます。

日本の未来に 天然ガスを届ける オーストラリア イクシスLNG プロジェクト

天然ガスは火力発電の主要な燃料として、また日常生活では調理などの熱源として、私たちの暮らしに欠かせないライフラインの一つだ。日本で使われている天然ガスの97%は、海外から輸入されている。日本に届けられる天然ガスは、どこで、どのように開発・生産され、どのようにして日本まで運ばれてきているのだろうか。

現在、国際石油開発帝石(株)(INPEX)が日本企業で初めてオペレーター(操業主体)としてオーストラリアの北西沖合で開発作業を進める、世界的にも大規模なLNGプロジェクトである「イクシスLNGプロジェクト」を詳しく見てみよう。

Ichthys





02



03 01



01. 2000 年。オーストラリア北西沖合に「イクシス」ガス・コンデンセート田を発見。ガスのサプライチェーンを構築し、未来の日本にエネルギーを安定供給する挑戦が始まった。02-03. 天然ガスを運ぶためのさまざまな種類のパイプ。04. オーストラリア北部準州ダーウィン近郊に建設中のガスを液化するプラント。鉄はプロジェクトのさまざまな場面に欠かせない。

プロジェクト写真提供：INPEX



04

悲願の日の丸プロジェクト

イクシスLNGプロジェクトは、INPEXがオペレーターとして推進し、日本の輸入量の約10%に相当する年間840万トンのLNG(液化天然ガス)などを生産するビッグプロジェクトだ。西オーストラリア州沖合にあるイクシスガス・コンデンセート田から採掘される天然ガスを、約889キロメートルの海底パイプラインで北部準州にある陸上ガス液化プラントに運ぶ。現在さまざまな施設の建設が進められ、計画どおり2016年末までに生産が開始されると、生産されるLNGの約70%が日本向けとして出荷される。

気体である天然ガスをマイナス162℃まで冷やすと液体(LNG)にすることができ、また容積が約600分の1と非常に小さくなるため、効率的に輸送できる。1回の航海で運べるLNGは、約20万世帯が1年間使用できる量に匹敵する。INPEXもイクシスで生産したLNGの一部を引き取る計画で、同社が操業する直江津LNG基地(新潟県上越市)を通じてLNGを受け入れる。そこでLNGを製品ガスとして気化し、日本海側から太平洋側まで本州を横断して関東甲信越1都7県を結ぶ、総延長1400キロメートル超の、同社が保有する天然ガスパイプライン網を通じて供給されることになる。製品ガスは、都市ガス事業者の原料に使われる一方、電力会社に販売されたLNGについては、火力発電の燃料にも使われることになる。

イクシスLNGプロジェクトとは、日本企業であるINPEXが中心となつて、天然ガスの開発から生産、輸送、供給に至るガスのサプライチェーンを構築する壮大な計画だ。INPEXイクシス事業本部の岡田二郎本部長補佐は、プロジェクトへの想いを次のように語る。

「1969年にアラスカから初めて日本向けにLNGが輸出されて以来、INPEXをはじめとする日本の石油・天然ガス開発企業や商社は、世界各地で数多くのLNGプロジェクトに参画してきました。しかし、日本企業の参加はジョイントベンチャーパートナーとしての参画に留まっていた。なぜなら、プロジェクト全体を統括するオペレーター(操業主体)を務めるためには高い技術力はもちろん、人材や資金力などの総合力が必要であり、現在においてもLNGプロジェ



INPEX (国際石油開発帝石(株))
イクシス事業本部

岡田 二郎 本部長補佐

クトのオペレーターを担うのは世界的にも十数社に限られています。いつかLNGオペレーターを務めたい。これは石油天然ガス開発事業に携わる日本企業の夢でした。イクシスはINPEXが日本企業で初めて大型LNGプロジェクトのオペレーターとして事業を推進し、日本の電力・ガス会社と共に権益の70%弱を保有する『悲願の日の丸プロジェクト』なのです」

大海原に眠るガスを見つける

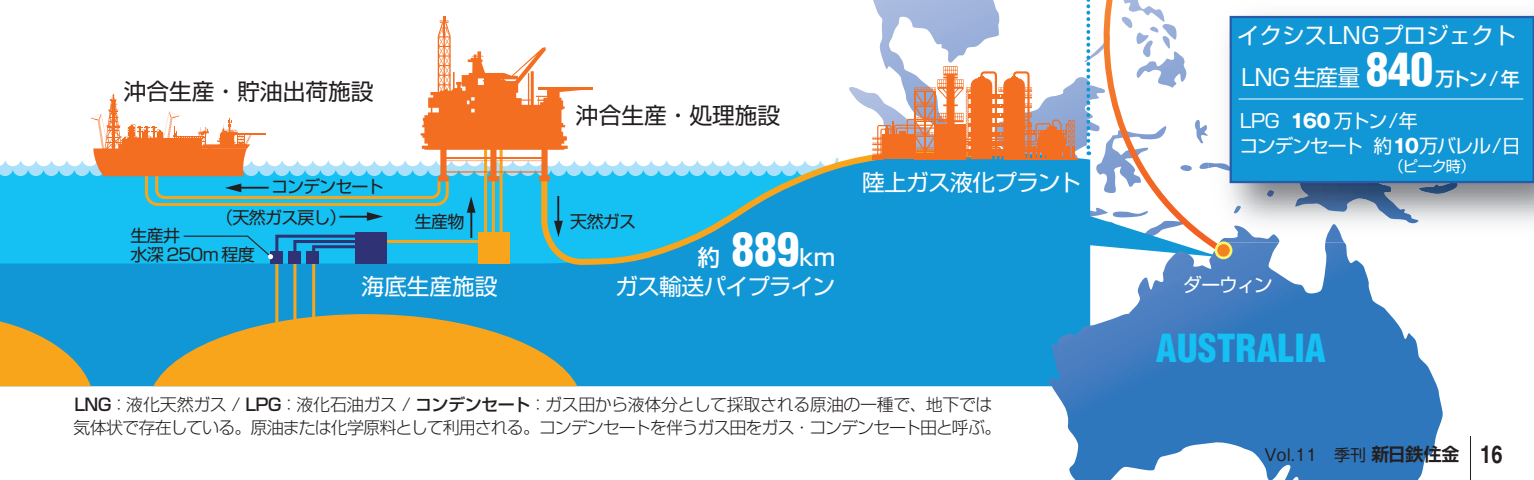
では、そもそもなぜ西オーストラリア州沖合の海底に、天然ガスがあることがわかったのだろうか。INPEXは1980年代後半から、ジョイントベンチャーパートナーとしてオーストラリア海域のさまざまなプロジェクトに参画し、石油開発プロジェクトの実績を積み重ねてきた。しかしプロジェクトを実質的に主導するのはオペレーターであり、ジョイントベンチャーパートナーの立場では、オペレーターの探鉱・開発方針に不満を感じることも少なくなかったという。

INPEXの地質技術者たちは、ホームグラウンドのインドネシアやそれまでのオーストラリアにおける知識経験をフルに動員して、多様な地下の情報をイメージネーションでつなぎ合わせ、広域の地質解釈を行ってきた。1998年、オーストラリア政府が新規探鉱鉱区の公開入札を行った際に、INPEXはこの蓄積してきた地質解釈をもとに有望と判断した鉱区に狙いを定め、探鉱権を取得した。そして天然ガスが存在する可能性が高いと判断した3カ所に試掘井を掘り、

「ガスのサプライチェーンを構築する」

INPEXは、イクシスLNGプロジェクトをはじめとするさまざまなLNGプロジェクトを通じ、日本にエネルギーを安定供給するため、ガスのサプライチェーンを構築する。

■ イクシスLNGプロジェクトの概要



LNG: 液化天然ガス / LPG: 液化石油ガス / コンデンセート: ガス田から液体分として採取される原油の一種で、地下では気体状態で存在している。原油または化学原料として利用される。コンデンセートを伴うガス田をガス・コンデンセート田と呼ぶ。



高温・高圧に耐え抜く鉄のチカラ

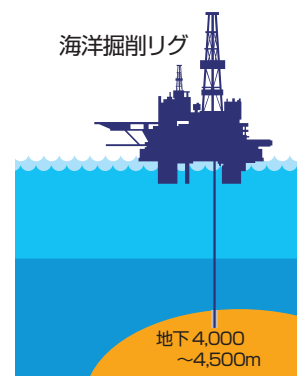
イクシスは地下4000〜4500メートルにガス層が広がっている。地下のガス層から生産物を採掘するための生産井は、まずビットと呼ばれる歯の付いたドリルを掘削用油井管の先端に取り付け、回転させながら硬い岩盤を削り、地中を掘り進んでいく。そのとき井戸の壁が崩れないように、ケーシングと呼ばれる土留め用の油井管を入れる。そしてガス層まで到達したら、ケーシングの中にチュービングと呼ばれる油井管を入れガスを汲み上げる。

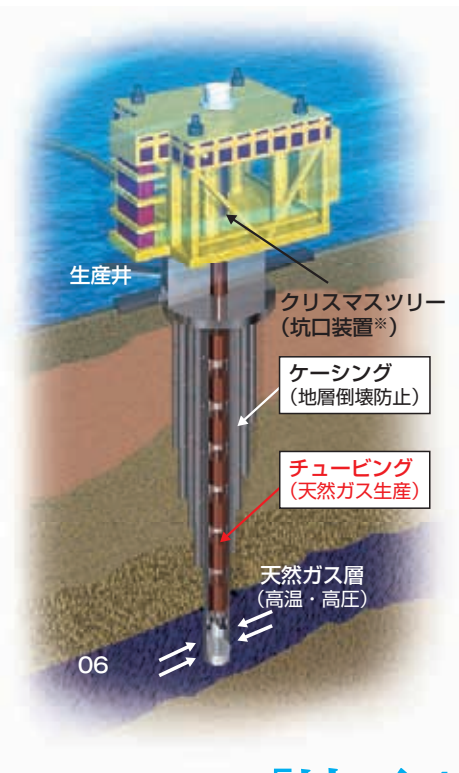
天然ガスは硫化水素や炭酸ガスを多量に含んだ高温・高圧の地層にあることも多く、ガスの採掘に使用される油井管は大変厳しい腐食環境にさらされる。特にイクシスのような海上ガス田開発の場合は、ひとたびトラブルが発生するとガスの生産・輸送を一時的に停止させる必要がある。プロジェクトの経済性にも影響を及ぼす恐れがある。そのため、高強度・高耐食の油井管が求められる。イクシスでは、新日鉄住金のシームレスパイプ（※）が、チュービングに全量使われる。

※シームレスパイプ・製鉄所でピレットと呼ばれる丸太状の形をした鋼の塊を、真っ赤になるまで加熱し、その中心を工具で押し広げ中空にして製造される。

2000年について大規模なガス・コンデンセート層を発見した。地中から得られる限定的な情報から、知見・経験を活かしたイマジネーションが実り、大海原で天然ガスを掘り当てるといふ壮大なチャレンジに成功したのだ。約4億年前、この海域に生息していた全長10メートルに達する古代巨大魚の学名にちなんで、プロジェクトは「イクシス」と名付けられた。

海洋掘削リグ





05. 試掘井とそれに続く複数の評価井でガスの分布や可採埋蔵量などを確認したあと、2015年2月から生産井の掘削が始まった。

06. 地層の圧力で井戸の壁が壊れないようにケーシングで守り、チュービングでガスを採掘する(図は一般的なガス井戸)。07-a. 海底に設置された生産井から沖合生産・処理施設(完成予想図/ 07-bは建造中の様子)でガスとコンデンセート(原油の一種)を分離。08-a. コンデンセートの大半は沖合生産・貯油出荷施設(完成予想図/ 08-bは建造中の様子)から出荷する。

※ 坑口装置：坑井(ガスの運搬のために設けた縦坑)の上部をコントロールするため、ケーシング頭部に取り付けられる装置。



「地下4,500メートルからガスを採掘する」



強く、しなやかな鉄のチカラ

イクシスガス・コンデンセート田で採掘したガスをLNG化するために陸上ガス液化プラントへ送るガス輸送パイプラインは全長約889キロメートル、水深250メートルの海底に敷設された。その約40%にあたる360キロ

高合金油井管の大きさは外径約25センチ、長さ約10メートル。外径をより大きくすることで生産効率の向上に貢献した。ただし深さ4500メートルのガス層までは400本以上のパイプを継ぎ足さなければならない。油井管はねじ継手で接続されるが、パイプの重さによる耐荷重と気密性の確保が課題となる。油井管400本の重さは車400台程度にも相当する。新日鉄住金の油井管特殊ねじ継手は、その自重を支える高い強度と、漏れを防ぐ気密性に優れている。世界の石油大手企業であるオイルメジャー各社からも、深いところでは3000メートル級になる超大深度の天然ガス開発などで安定した性能を発揮するスーパーハイエンド品と評価され、イクシスでも採用された。



新日鉄住金(株) 鋼管事業部
油井管・ラインパイプ営業部
油井管室
花田 憲士 室長

「油井管には自重や地層圧、生産流体による内圧に耐える高い強度と耐食性の両立が要求されます。イクシスでは40年にわたる長期での採掘が見込まれているため、その間メンテナンスフリーで安全操業を続けられるように、イクシスのエンジニアと共に当社の製造・販売・技術部隊が一体となって高合金油井管の仕様に關する共同研究に取り組み、最適な材料選定を実現しました。尼崎製造所や和歌山製鉄所で腐食環境を再現した試験を行い、品質や安全性を実証した上で、製品を無事に納品しました」(新日鉄住金・花田憲士室長)



「全長889キロメートルをラインパイプでつなぐ」

09-10: 海中に敷設するためのラインパイプ。

油井管と同じように、パイプラインもヒビが入るとそこからガスが漏れて海洋汚染を引き起こしてしまう。海洋環境を守るため、水圧に耐えられる高強度厚肉サイズで、海流や地殻変動などに対しても壊れにくく、状況変化による低温環境でも耐えられる靱性粘り強さを達成する高強度大径溶接鋼管を技術提案した。一般的に鋼材は強度を高めると低温靱性や溶接性が低下する傾向にあるが、高強度大径溶接鋼管はこれらの特性を両立し、万一、き裂が発生してもすぐに停止できる。また運ぶガスは脱水処理されているため、微量に含まれる硫化水素の影響はほとんどないものの、緊急時のための安全を考えて、万一のときでも腐食しない特性を兼ね備えている。

高強度大径溶接鋼管は製鉄所で厚板をUの形にプレスし、その後○の形に丸めて、その両端の継ぎ目を内外面から連続で溶接して丸いパイプにする。パイプラインは船の上で鋼管同士を溶接して継ぎ足しながら海底に敷設されるが、その際に鋼管の溶接部と鋼管同士の円周溶接部の特性劣化



新日鉄住金（株）鋼管事業部
鋼管技術部
村田 正彦 主席主幹

メートルをつなぐラインパイプに、新日鉄住金の高強度大径溶接鋼管が使われている。

「大径ラインパイプを長距離にわたって海底に敷設する計画に驚きました。イクシスのエンジニアやコンサルタントは日本人、オーストラリア人、欧米人と多彩で、オイルメジャー経験者も多数いましたが、技術交流を通じて日本企業初のオペレーターとして事業を推進しようという意気込みが伝わってきました。当社研究所の材料・腐食・溶接・成形・破壊各部门の専門家、君津・鹿島両製鉄所の鋼管工場や品質管理の技術者などが総力を結集して、ニーズに応えました」新日鉄住金・村田正彦主席主幹



13



14



11

「ラインパイプは深海へ」

11. パイプライン敷設専用船で、12. ラインパイプが水深250メートルの海底に敷設された。



12

相互信頼の絆

イクシス周辺の海域には、INPEXがこれまでの探鉱作業を通じて複数の新たなガス層を発見している。イクシスで敷設している約889キロメートルのガス輸送パイプラインでは、パイプラインの5カ所に接続部を設け、将来的には周辺ガス田からのつなぎ込みを想定するなど、未来に向けてさらに大きな可能性を秘めたプロジェクトといえる。



新日鉄住金（株）鋼管事業部
油井管・ラインパイプ営業部
ラインパイプ室
福田 貴之 室長

を防ぐため、あらかじめ製鉄所での鋼管製造時に材料制御を行っている。またパイプライン全長での真円度を維持するため、緻密な形状制御も実施している。

「当社は長年、オペレーターを務めるオイルメジャーの厳しい特性要求に応える製品を開発し、供給してきました。イクシスでは、これまでの知見を活かして、総合的な技術提案力、品質管理の対応力、製鉄所の製造供給力と正確な納期対応力を発揮できたと思います。何と言ってもイクシスは日の丸プロジェクトです。同じ想いを共有して、鉄という素材を通して日本のエネルギー安定供給に貢献できることを誇りに感じています」（新日鉄住金・福田貴之室長）

イクシスガス・コンデンセート田で生産井が掘削され、ガスを陸上のガス液化プラントへ送るためのパイプラインが敷設され、そしてガスを液化するための陸上ガス液化プラントがダーウィン郊外に建設されている。今でこそプロジェクトは生産開始に向けて進められているが、実はプラント建設地の選定は容易ではなかった。プラント建設は、経済的にも環境的にも地元地域に大きな影響を及ぼすため、地域の行政や住民からの理解やサポートが欠かせない。当初、

Darwin

「LNGプラントを建設する」

13. 地域住民の理解を得て陸上ガス液化プラントサイトに決まったダーウィン近郊での起工式。14. 大型LNGタンカーが入港できるようにダーウィン港内の海を深くして、15. 荷揚げ設備や16. LNGタンク、17. 陸上ガス液化プラントの建設が進んでいる。



17



16



15

建設地にはイクシスガス・コンデンセート田に近いマレット島が検討されていた。無人島で飛行場もなく、オーストラリア国内でもあまり関心を払われていない小さな島だ。マレット島をかつて生活圏としていた先住民が土地の所有権を保有していることから、その土地を使用するにあたっては、先住民との交渉が必要だった。

交渉に携わったINPEXの岡田二郎本部長補佐は「日本では田畑を耕し、肥沃な土地に改良して、後世に受け継いでいく人間こそが最も尊敬されます。自然と共生しながら持続的な発展を目指す文化なのです」と説明し、先住民の人々の共感を呼んだ。しかし、プロジェクト実現のための各方面との調整や取り巻く環境の変化などにより、マレット島によるイクシス開発構想の先行きが不透明になり、開発構想は暗礁に乗り上げた。

そのとき隣接するオーストラリア北部準州政府が、INPEXのガス液化プラント建設を歓迎すると表明した。設置すべきパイプラインの長さは、マレット島の場合に比べ数倍になった。コストはかかるものの、技術的に問題はない。また、ダーウィンには水や電力、交通網などの社会インフラが格段に整っていること、地元政府・先住民を含む地域社会からの全面的な協力もあり、コストを補って余りあるほどのメリットがあった。こうしてLNGプラント建設予定地をダーウィンとし、プロジェクトのエンジニアリング作業などを経て、2012年1月にプロジェクトの最終投資決定をするに至ったのだ。

「相手の気持ちを理解する、相互信頼の絆が、いろいろな危機を乗り越える秘訣だと思いました。関係者は地域の行政や住民だけでなく、LNGの買主、資金調達を可能にした金融機関、ジョイントベンチャーパートナー、そして新日鉄住金をはじめとする資材供給やエンジニアリングを担うサプライヤー、建設・建造請負業者など、多くの方々に支えられています。そういった皆さんと、相互信頼の絆を深め、共存共栄のWin-Winの関係を構築してプロジェクトを成功に導き、未来の日本にエネルギーを安定供給したいと考えています」(INPEX・岡田二郎本部長補佐)

僕たちの日常は
科学技術に
支えられている

実験教室

サイエンスプロデューサー
米村 でんじろう氏

天然ガスは通常気体ですが、マイナス162℃に冷やすと液体になり、体積は気体の約600分の1になります。この性質を利用して、海外から効率的に輸送しているわけですが、気体から液体になるには温度と圧力が関係します。実は私たちの身の回りにある空気も液体になったら、気体になったりするんですね。空気の主成分は窒素と酸素、あとアルゴンが1%。窒素はマイナス196℃で、酸素はマイナス183℃で液体になります。

私に手に持っているフラスコにはお湯が入っていて、中に水蒸気がたくさん入っています。お風呂場のむんむんした状態と同じ。そこにマイナス196℃の液体窒素を入ると、水蒸気が冷やされて霧になる。同時に液体窒素は温められて気体になるので体積が何百倍も一気に膨張し、あいている穴から噴出します。液体窒素と一緒に小さな霧も激しく吹き上がります。ドラム缶規模で同じ実験をすると、体育館の屋根くらいまで霧が上がりますよ。私たちは「雲をつくる実験」と呼んでいます。

日常にあるものって、最初はもの珍しくても、人間はすぐ慣れてしまふんですね。石炭が工業

-162℃の世界

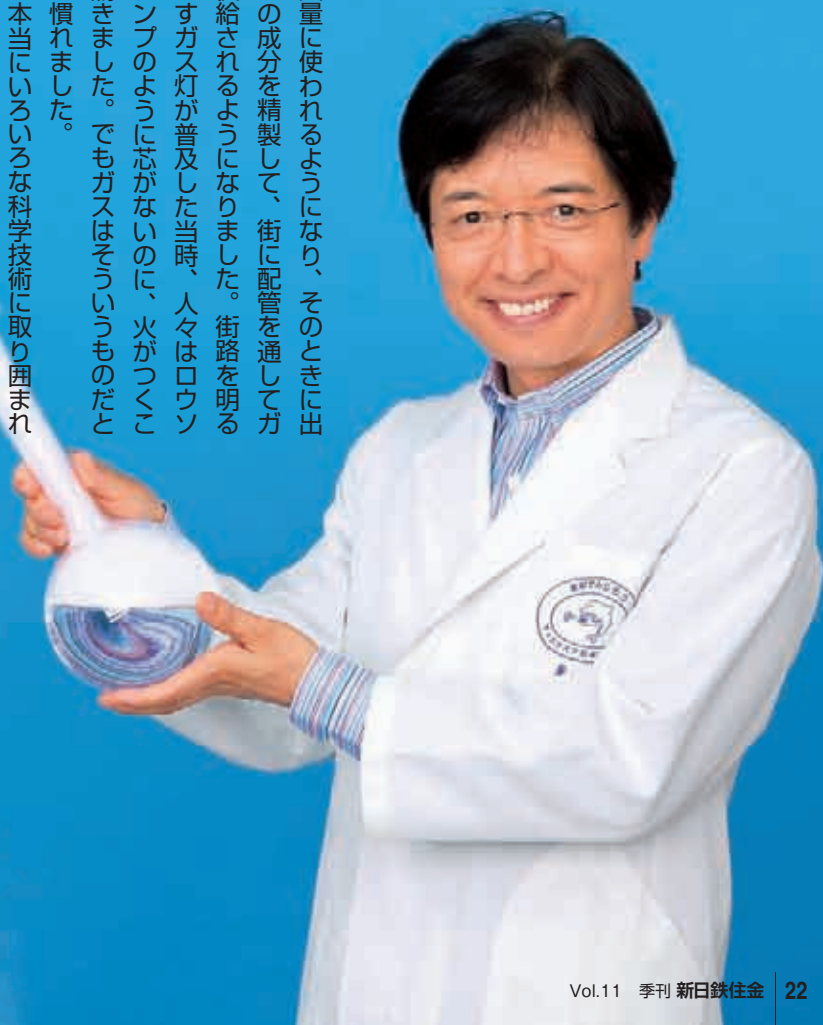
天然ガスが液化する温度

を液体窒素で見よう

的に大量に使われるようになり、そのときに出るガスの成分を精製して、街に配管を通してガスが供給されるようになりました。街路を明るく照らすガス灯が普及した当時、人々はロウソクやランプのように芯がないのに、火がつくことに驚きました。でもガスはそういうものだとすぐに慣れました。

今は本当にいろいろな科学技術に取り囲まれて、生まれたときから当たり前になっているから、不思議に思わない。けれど、実は見過ごしていたことがとても不思議で面白いことなんだと気づきつかけになるインパクトのある実験をいつも心がけています。

一人の天才が能力を発揮するほうが賞賛を集めがちですが、人間一人ひとりが少しずつ工夫して積み重ねていった知恵で、例えば、ほうきで空を飛ぶような魔法以上に、何百人が飛行機で移動できたり、宇宙船で宇宙に行くことができるようになります。すぐに実を結びわけではなくても、多くの人が試行錯誤して取り組んだことが積み重なってブレイクスルーにつながり、すごい技術が生まれる。それを科学に興味を持つ子どもたちに伝えていけたらと思います。(談)



● 米村 でんじろう(よねむら・でんじろう)

1955(昭和30)年千葉県生まれ。東京学芸大学大学院理科教育専攻科修了。自由学園講師、都立高校教諭を勤めたあと、広く科学の楽しさを伝える仕事を目指し、1996(平成8)年に独立。98(平成10)年、第1回科学技術普及啓発功績者として、科学技術庁長官賞受賞。

風船の実験

液体になるとほんのわずかでですね。空気中には水分が含まれているので -196°C で霜になり、液体が少し白くにごって見えます。天然ガスでも超低温にすると、同じように液体になり約600分の1の体積になります。

天然ガスの性質を一番わかりやすく表現できる実験です

風船

液体になった空気

3

4

1 空気でふくらませた風船を液体窒素の中に入れると……中の空気が冷やされて液体になり体積が小さくなってしぼみます。

2

液体窒素から取り出せば、また元通り。天然ガスも常温では気体に戻ります。

超低温の不思議

いろいろあるよ！ 液体窒素でできる実験

1

2

3

4

フリーズドライ食品は、凍らせると同時に真空中で乾燥させて、風味を損なわないようにしているよ

バラの実験

バラを液体窒素の中に入れると……

植物の細胞の中にある水分が凍って、氷のようにパリパリと割れてしまいます。

液体から気体に戻って膨張した窒素が水蒸気が冷やされてできた霧を勢よく押し出すからだよ

雲をつくる実験

お湯を入れた大きな容器に液体窒素を注ぐと、すごい勢いで霧が出てくるよ

〈注意〉本コーナーで紹介の実験は、専門家の指導のもと、安全に注意して行っていますが液体窒素は凍傷や容器破裂、窒息・酸欠・爆発などを起こす恐れのある危険な物質です。専門家の指導で安全確保ができる場合以外は、実験を行わないでください。

掘る～採る

過酷な使用環境に
耐える技術

- 高合金油井管
- 油井管特殊ねじ継手
- ジャッキアップリグ用極厚高強度鋼
- 海洋構造物用ハイテン
- 海洋構造物用低温靱性H形鋼
- 海底生産システム

天然ガスの サプライチェーンをつなぐ鉄

新日鉄住金グループは、採掘・輸送・貯蔵といった天然ガスのサプライチェーンをつなぐ幅広い製品やエンジニアリングで、エネルギーの安定供給に貢献しています。

Advanced Technology

新日鉄住金のものづくり



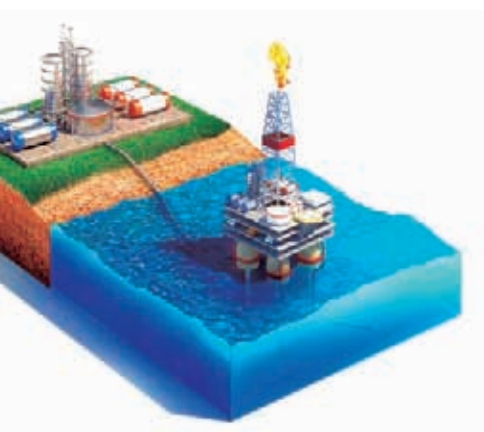
海洋構造物用ハイテン

採掘された天然ガスは水分や硫黄分を含み、そのままでは各種装置を腐食させてしまうため、前処理として不純物除去が必要です。不純物分離装置などが併設されるプラットフォームには、洋上環境下でも安定操業を可能にする海洋構造物用ハイテンが採用され、世界各地のガス田開発を支えています。

また新日鉄住金エンジニアリング(株)は、東南アジア地域を中心に40年以上にわたり多数のプラットフォームの製作・施工経験を持ち、同地域有数のコントラクターとして、ガス田開発に貢献しています。

海洋構造物用 低温靱性H形鋼

一般的に鋼材は温度が低くなるほど靱性が低下する(脆くなる)傾向があります。近年は海洋資源の採掘エリアが北極圏やアラスカなどへと移行しており、海洋構造物の構造部材には、極寒冷環境下においても高い破壊安全性が求められます。これらのニーズに応えるため、 -40°C という使用環境下まで十分な靱性を確保できる海洋構造物向けの低温靱性H形鋼を開発しており、すでに複数のプロジェクトで採用されています。



ジャッキアップリグ用 極厚高強度鋼

ジャッキアップリグとは、掘削作業中は脚を海底に立てて掘削機などを搭載したプラットフォームを波の影響を受けない高さまで持ち上げ、移動するときはプラットフォームを海面まで下げて浮上させ脚を上げた状態で曳航する掘削装置です。脚部で非常に大きな重量を支えるため、極厚高強度鋼が使われています。



海底生産システム

生産設備を海底に設置するためプラットフォームなど大規模な構造物が不要で、大水深や小規模のガス田開発に適している海底生産システムの建設について、新日鉄住金エンジニアリング(株)は積極的に取り組んでいます。



ゆせいかん 高合金油井管

天然ガスは硫化水素や炭酸ガスを多量に含んだ高温・高圧の地層にあることが多く、採掘に使われる油井管は大変厳しい腐食環境にさらされるため、より耐食性に優れた超高強度高合金油井管を開発しました。さらに天然ガスの生産効率の向上とガス田開発費の低減を図る大径長尺高合金油井管の量産技術も確立しました。



VAM®21

つぎて 油井管特殊ねじ継手

天然ガスを採掘する井戸の深さは数千メートルにも及ぶため、油井管を何本もつなぎ合わせなければなりません。油井管を接続する継手には、地中の熱や油井管の重量による圧力が作用します。過酷な環境下でも破損せず気密性を保持する継手が求められています。超大深度の天然ガス田でも安定した性能を発揮する油井管特殊ねじ継手 VAM®21 は、北海ガス田開発に採用されるなど、世界最高水準のねじ継手と高く評価されています。

■CASE 1 世界最深クラスの海底



敷設される海底パイプライン(写真はイメージ)

地中海パイプライン(スペイン・アルジェリア間)は、水深最大2,160メートルに達する深海に敷設されました。ラインパイプには超高水圧に耐えられる特性と、海流や地殻変動などに対しても壊れにくい低温靱性という、2つの性能が求められました。この技術的に難しい複合特性を備えた深海用X70グレードのUO鋼管が世界で初めて採用されました。

また、新日鉄住金エンジニアリング(株)は、海底パイプラインを敷設できる専用作業船を持ち、東南アジアを中心に4,000km超の敷設実績があり、ガス田開発や長距離パイプライン網整備に貢献しています。

..... オイルメジャーとの協業



超高強度ラインパイプ

■TOPICS 1

世界最高強度の製品を開発

エクソンモービルと共同で、世界最高強度のラインパイプX120を開発しました。高強度化によって、天然ガスをより高圧にすることで長距離大量輸送を可能にします。また構造自体も軽量化でき、設置コストが大幅に低減できます。

運ぶ

長距離大量輸送を実現する技術

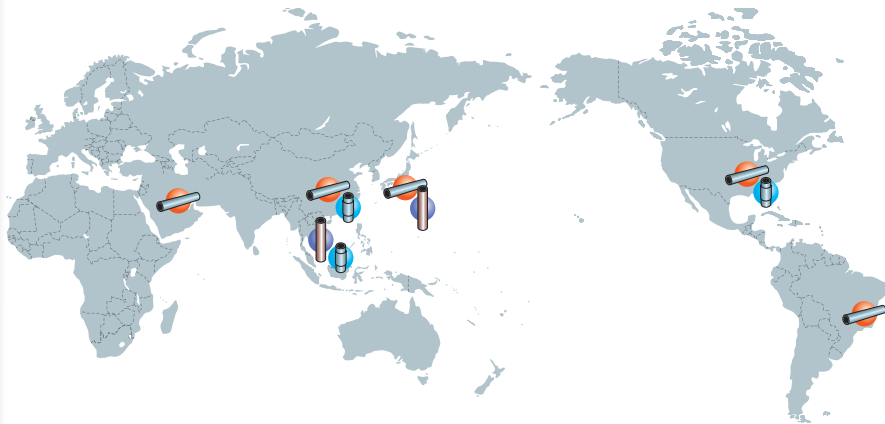
■ラインパイプ



ラインパイプ

天然ガス開発は北海、シベリア、カナダ、サハリンなどの寒冷地や、メキシコ湾、黒海、インド洋などの深海へと自然環境の過酷な地域に広がっています。開発地と消費地をつなぐラインパイプに要求される特性は、ますます高度化・多様化しています。こうしたニーズに対応する製品を供給し、世界各地で長距離大量輸送の実現に貢献しています。

ものづくりのグローバル展開 エネルギーの安定供給を支える製造拠点



新日鉄住金は、深海や極寒地などの過酷な自然環境でのガス田開発を可能にする、高品質な製品の供給体制を整え、グローバル展開しています。

油井管・ラインパイプ・プラント用配管の製造拠点

- 日本
 - 鹿島製鉄所
 - 君津製鉄所
 - 名古屋製鉄所
 - 和歌山製鉄所
 - 大分製鉄所〔光地区〕
 - 尼崎製造所
- ブラジル VSB (Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil Ltda.)
- アメリカ PEXCO (Pennsylvania Extruded Tube Company)
- 中国 宝鶏 (宝鶏住金石油鋼管有限公司)
- サウジアラビア NPC (National Pipe Company Ltd.)



油井管をつなぐ特殊継手の加工拠点

- アメリカ VAM USA LLC
- STL (Southern Tube LLC)
- 中国 VAM 常州 (瓦姆 (常州) 石油天然気勘探開発特殊設備有限公司)
- ブルネイ VAM BRN (2016年10月から生産開始予定)

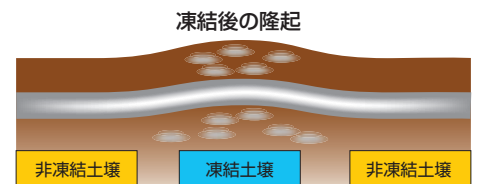


プラント建設に必要な鋼管杭の製造拠点

- 日本
 - 君津製鉄所
 - 八幡製鉄所
 - 日鉄住金大径鋼管 (株) [鹿島]
- ベトナム NPV (Nippon Steel & Sumikin Pipe Vietnam Co., Ltd.)



■ CASE 2 マイナス40℃の寒冷地



不完全凍土地帯でのラインパイプの変形

SKVパイプライン(サハリン・ハバロフスク・ウラジオストック間幹線)が通過するロシア極東は、マイナス40℃で地殻変動が起こりやすい地域です。不完全凍土地帯では、凍土の融解や凍結によってラインパイプは変形してしまいます。このためパイプに強い歪がかかっても破断しにくい高変形能UO鋼管が使われています。



スーパー13クロムステンレス鋼管

■ TOPICS 2

優れた耐腐食性能を証明

ロイヤル・ダッチ・シェルと共同で、ラインパイプ用スーパー13クロムステンレス鋼管の耐腐食性能を証明しました。製品の提供だけでなくとどまらず、製品の信頼性向上、現地施工を含めたトータルコスト低減、施工技術を含むソリューションの提供を行っています。

貯める マイナス162℃でも高性能な技術



7%ニッケル鋼板を採用した大阪ガス(株)泉北製造所第一工場5号タンク、右写真はタンク内部(大阪府堺市)

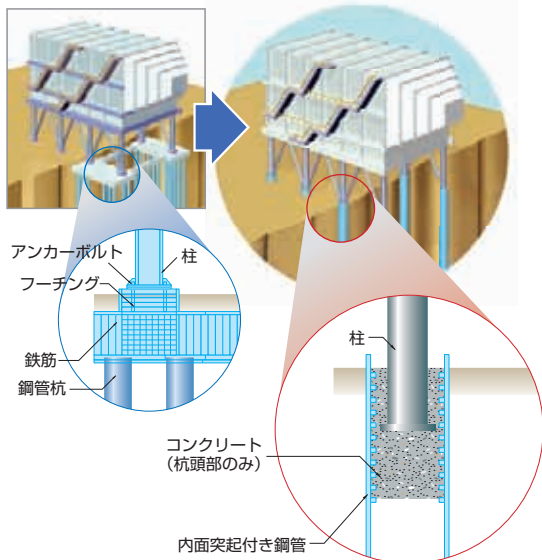
LNGタンク用極低温用鋼

LNGはマイナス162℃の極めて低い温度で貯蔵されるため、貯蔵タンク用鋼板には極低温でも高い破壊安全性と強度が必要とされます。これらの特性に優れる9%ニッケル鋼板が半世紀にわたり使われてきましたが、レアメタルであるニッケル量を約20%削減しながら従来と同じ高性能を両立させた7%ニッケル鋼板を世界で初めて開発しました。泉北製造所第一工場(大阪府堺市)のLNGタンクに初めて採用され、続いて相馬LNG基地(福島県新地町)のタンクにも採用されました。

つくる 環境に配慮した技術

従来工法

サットインパイル工法



突起付き鋼管

LNGプラントのプラント基礎構造は、複数の小径杭を打設したあと、コンクリートで基礎を建設する工程が必要です。しかし内面突起付き鋼管を用いたサットインパイル工法は、柱を基礎杭の中に直接建て込んで接合することができるため、基礎工事の省力化と建設排土の発生量を減らし環境に配慮した施工を実現できます。オーストラリアのイクシスLNGプラントなどに採用されています。

突起付き鋼管の適用例
(左が従来の突起なし、右が突起付き)

ハイパービーム®

LNGプラントでは、現地での作業の省力化と工期短縮を実現するため、建設現場に資材を運び込んで一から組み立てるのではなく、工場で構造部材や設備・配管などを一括して組み立て、大型船で現地へ輸送し据え付けるといった、「モジュール工法」が普及しつつあります。モジュール工法では構造部材の断面サイズが大きくなる傾向にあり、一般に流通している圧延H形鋼では対応できない場合は、厚板を溶接して製作するH形鋼(ビルトH)が使用されます。ハイパービーム®は、大断面かつ豊富なサイズ数を持つ独自の圧延H形鋼であり、ビルトHの代替として使用することで、溶接作業や品質検査といった製作手間を大幅に省略することができます。



貯める~届ける 安定供給を支える 高度な技術

- LNGタンク用極低温用鋼
- 突起付き鋼管
- ハイパービーム®
- LNG基地の建設・運営
- パイプラインの建設・検査診断

届ける 産業やライフラインを支える技術



LNG 基地の運営

北九州エル・エヌ・ジー(株)は、日本で最も多様な供給方式を持つLNG基地の一つです。インドネシアから大型船で運ばれてきたLNGは、タンクに貯蔵されます。気化されたガスはパイプラインで九州電力(株)新小倉発電所や戸畑共同火力(株)に供給され発電用燃料として、八幡製鉄所では圧延加熱源として使われています。またタンクローリー車や内航船で九州、中国・四国地方のガス会社に供給され、都市ガス原料に使われています。



LNG 基地・パイプラインの建設

日鉄住金パイプライン&エンジニアリング(株)は、日本初の内航LNG輸送を実現したパイオニアであり、LNG基地関連設備も数多く建設し、豊富なノウハウを持っています。また製鉄所で生産される各種鋼管を使用した天然ガス幹線や都市ガスの導管網を構築し、産業や暮らしを支えるエネルギー動脈やライフラインを建設しています。



埋設鋼管塗覆装損傷検査(スーパーコーディンス)

パイプラインの検査診断

日鉄住金パイプライン&エンジニアリング(株)は、パイプラインの敷設技術だけでなく、パイプラインの健全性評価やメンテナンスに有用なデータを採取する埋設鋼管塗覆装損傷検査(スーパーコーディンス)などの各種検査診断技術で、安全・安心なガスエネルギー供給に貢献しています。

鉄素材としては初！

第47回 市村産業賞 「本賞」を受賞！



市村産業賞本賞トロフィー

環境負荷低減型超ハイテン 橋梁ケーブル用鋼線材の開発

新日鉄住金は今年4月、「環境負荷低減型超ハイテン橋梁ケーブル用鋼線材の開発」で、「第47回市村産業賞本賞」を受賞した。最上位賞である「本賞」を鉄鋼メーカーが受賞するのは2度目、第44回の当社受賞（銅ボンディングワイヤEX1）以来の快挙だ。鉄素材としては初めての「本賞」受賞となる。ここでは、受賞の背景と開発内容を紹介するとともに、量産・実用化に至った経緯や今後の展開を開発・拡販に携わるメンバーから聞いた。

世界で増え続ける 長大橋プロジェクト計画

橋の支柱と支柱の間（支間）が長い長大吊橋は、超高強度鋼線で作られたケーブルが支える。明石海峡大橋（1998年完成）では、直径5ミリの亜鉛めっき鋼線を約3万7000本束ねた、直径約1メートルのケーブルが使われている。このメインケーブルの高强度化は、単に支間長を伸ばすだけでなく、軽量化による建設費の大幅な削減をもたらし、社会インフラ整備の促進に貢献する。

新日鉄住金は明石海峡大橋での1770MPa（※1）級ケーブルの採用実績などを武器に、世界の橋梁市場をリードしてきた。近年は国内での長大橋プロジェクトが一段落する一方で、新興国を中心にモータリゼーションに伴う交通インフラ整備の一環として、吊橋や斜張橋といった長大橋プロジェクトが数多く計画されている。

橋梁のメインケーブルに使われる鋼線は、橋梁の仕様を決定する重要部材だ。従来この鋼線は、製鉄所から出荷した線材を加工メーカーで加熱し、鉛を溶かした槽に漬ける調整冷却「鉛パテンティング（LP処理）（※2）」を経て伸線加工されていたが、線材一本ごとに処理するため生産性が低く、鉛による環境負荷も懸念されていた。また新興国の加工拠点では高品質な鋼線材の組織をつくり込むLP処理を行うことが難しい。今後の新興国の需要増に因って供給量を増やしていくために、現地での熱処理・加工技術レベルの制約を減らす線材の開発が求められた。

環境にやさしい工程簡略化と 高强度・延性の両立を実現

新日鉄住金では環境負荷が低く生産性の高い橋梁用鋼線製造の研究に長年取り組んできた。まず製造プロセ

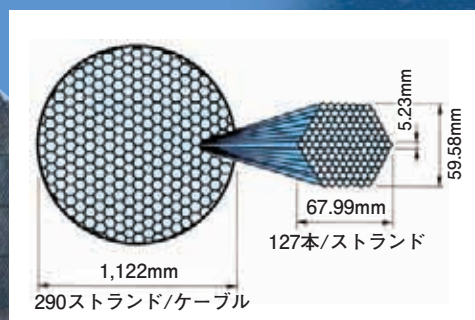
※1 MPa：メガパスカル。引張強さや圧力の単位。N/mm²と同じで、1mm²あたり1N（約0.1kgf）の力が作用する。
1kgf/mm²=9.8MPa

※2 Lead Patenting：鋼線材の加工性を維持しながら強度を高めるための調整冷却（550℃前後の熱処理）。
この技術は19世紀にイギリスで特許（パテント）第1号となったことから「パテンティング」と名付けられた。

橋梁ケーブルの製造・架設プロセス

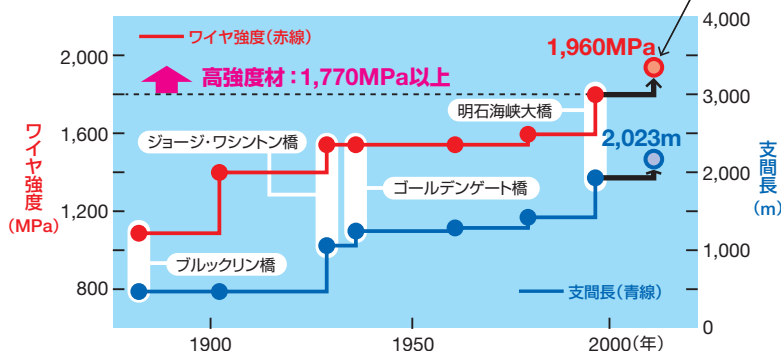


溶融亜鉛めっき鋼線の使われ方



橋梁用鋼線の強度と支間の変遷

チャナッカレ大橋(トルコ) 2023年完成予定



超ハイテン橋梁ケーブル用鋼線材のDLP処理技術開発
最適な金属組織制御技術を確立

開発業績

CO₂排出量の低減と鉛フリー化実現
強度と線径の製造範囲拡大を実現
橋梁の設計自由度拡大と施工期間の短縮を実現

市村産業賞とは？

企業集団であるリコー三愛グループ各社を統轄した創業者、故市村清氏（1900—1968）の紺綬褒章受章（1963年4月29日）を記念し、財団法人新技術開発財団の主宰で創設された賞。優れた国産技術を開発することで、産業分野の進展に貢献・功績のあった技術開発者またはグループに贈られる。本賞、功績賞、貢献賞があり、最上位賞の本賞は、技術開発者と共に在籍企業の代表者も表彰され、賞金と記念牌が贈られる。技術開発の成果だけでなく、採用実績による社会貢献度が評価されるのが本賞の特徴。

スでは、ボロン（B）とチタン（Ti）の添加による組織制御により、強度と延性（加工性）の難しいバランスをとった材料を実現した。また熱間圧延直後の強水冷却で組織のバラツキを減らして鋼材品質の安定化を図った。そして線材をコイル状のまま、溶融塩槽に漬ける（※3）、鉛フリーの「直接パテンティング（DLP処理）」を開発。超ハイテン橋梁ケーブル用鋼線材のDLP処理を世界で初めて成功させた。

この開発成果によって、生産面では加工メーカーでの熱処理工程を省略して生産性を高め、CO₂排出量の大幅な削減と鉛フリー化を実現。また材料面では線材の延性が向上し、熱処理の線径自由度が高まることで、鋼線の強度と線径の製造範囲が拡大した。2008年の実用化（中国・荊岳長江公路大橋）以後も着実に受注が増えている（採用実績約1.7万トン）。今回の受賞では、鋼線の優れた生産性、性能により、橋梁の設計自由度の拡大、メインケーブル架設作業期間の短縮など、社会貢献へのポテンシャルの大きさが高く評価された。

※3 溶融塩は熱伝導性が高く、回収・再利用が可能な中性塩。特性を出すため、溶融塩槽に漬け、緻密な温度管理を行う。

開発・実用化への挑戦

プロセス・材料・商品技術、三位一体で成し遂げる

プロセス 開発

需要増に応える熱処理プロセスの開発に成功

ひきた なおし 足田 尚志 君津製鉄所 品質管理部 線材管理室 主幹



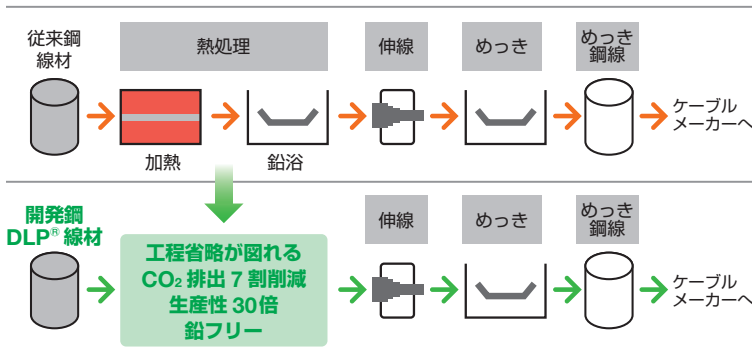
新興国を中心に増える長大橋プロジェクトの需要に応えるためには、国内の伸線加工拠点だけでは鋼線の供給量に限界がありました。海外現地の伸線加工拠点での高度な熱処理・加工技術の制限をなくして工程を簡略化し、供給量を増やすことを目標に、2002年、製鉄所で熱処理までを行う鉛フリーのDLP技術の適用に挑みました。

DLP技術自体は1985年に開発され、橋梁以外の高炭素鋼での実用化は進んでいましたが、橋梁用高強度鋼線材（高シリコン（Si）材）では、コイル状のまま熱処理すると温度ムラにより組織のバラツキが出やすく、長さ数キロメートルにも及ぶ鋼線全体の組織を均一に制御するのが困難でした。製鉄所での線材の組織制御により、長手方向の組織を均一化し延性を高める。そこをターゲットに試験を繰り返しました。

鋼線は、加工メーカーで伸線加工したあとでなければその特性を評価できないため、非常に長い試験サイクルが必要で

す。国内プロジェクトで長年協業してきた東京製鋼（株）と連携して熱処理・加工試験に地道に取り組み、徐々に最適な温度条件を絞り込み、橋梁用高強度鋼線のDLP技術を確立しました。そしてその後は、真鍋主任研究員を中心に開発を進めた新鋼線を量産するための製造条件の設計、実用化に取り組みました。

従来処理とDLP処理の工程比較



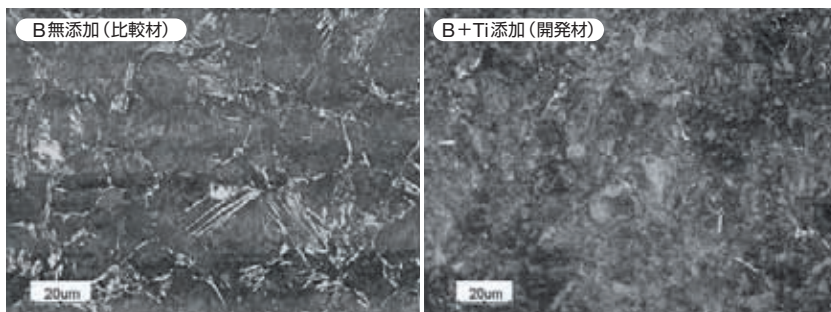
材料開発

高 Si 材を安定的に量産できる組成を導き出す

まなべ としゆき 真鍋 敏之 技開本部 君津技術研究部 主任研究員



光学顕微鏡による鋼線材組織比較



ボロンとチタンの添加により、鋼線の組織が均一になり延性が高まった（右）

橋梁用高強度鋼線材のDLP技術を確立したあと、2004年から第2ステップとして、数万吨単位の鋼線材を安定的に量産するために、材料成分の検討を行いました。シリコン（Si）を添加した高炭素鋼では、DLP処理で製造すると表層部の組織が不均一になることが課題の一つでした。これを解決するために着目したのが、ボロン（B）とチタン（Ti）の活用です。薄板や厚板などの低炭素鋼では、強度アップのためにこれらの元素は積極的に使われていますが、橋梁用鋼線のように炭素を多く含む高炭素鋼では、これら元素はあまり使われていませんでした。

そこで発想を変え、高炭素鋼におけるボロン、チタンの効果を改めて検証し、もともと高強度である鋼線の延性を高める目的での新たな活用手法の確立に挑戦しました。まず、富

津（REセンター）の鉄鋼研究所や先端技術研究所のナノレベルの微細組織解析によって、組織が均一なほど鋼線の延性が高くなるという知見を得ました。その上で、ボロンやチタンの添加量を緻密に変化させることで、不均一な材質の原因となるベイナイト組織（※3）の生成を抑える手法を確立し、2007年、延性の高い新たな高炭素鋼線の量産化技術の開発に成功しました。

※3 ベイナイト組織：鋼材の温度変化の過程で成長する針状、羽毛状の硬い金属組織。

第47回 市村産業賞「本賞」を受賞！

商品技術

新技術の海外 PR を展開し、早期の実用化を実現

谷田部 比呂志 棒線事業部 棒線技術部 棒線商品技術室 主幹



新技術がいくら優れていると言っても、その良さをお客様にご理解いただければ意味がありません。2007年の製造法の確立と並行して、各国の長大橋施工への技術提案に取り組みました。「水先案内人」であるプロジェクト開発部の調査内容・情報に基づき、同部と共に現地で、新たな高強度鋼線の優れた特性はもちろん、伸線加工後のワイヤの品質安定性や生産性の高さ、建設コスト削減メリット、さらに鉛フリーで環境負荷が低いことなど、多彩な強みをPRする技術的なプレゼンテーションを、施主・ゼネコン・ケーブルメーカーへと展開しました。

その結果、今回開発した鋼線は、2008年、世界で初めて中国・荊岳長江公路大橋（斜張橋）のメインケーブルへの採用が決まりました。その後も、材料開発部門、製造部門と連携して、大量生産における歩留向上を実現する成分設計の見直しなどを継続的に実施し、2013年にはトルコ・イズミット湾横断橋のメインケーブルへの採用に結び付けました。



イズミット湾横断橋（2016年開通予定）

提供：（株）IHIインフラシステム

現在世界で計画されている長大橋だけでも約33万トンの需要が見込まれています。各プロジェクトでの技術提案を行い、社会貢献に資する開発鋼線を着実に普及させていきたいと思っています。

プロジェクト開発

新たな長大橋プロジェクトの探索と、新市場の開拓に挑む



なす けんじ
那須 健二
プロジェクト開発部
海外開発室 主幹



おかだ ひろゆき
岡田 裕行
プロジェクト開発部
海外橋梁・鋼構造技術室 主幹

支間長世界トップ10 長大吊橋用新日鉄住金材の採用実績

（◎：高強度DLP®線材）

完成年	橋名	最大支間長 m	長さ 順位	国名	当社材 採用実績
1981	ハンバー橋	1,410	8	英国	
1998	明石海峡大橋	1,991	1	日本	○
1998	グレートベルト・イースト橋	1,624	3	デンマーク	
1999	江陰長江大橋	1,385	10	中国	○
2005	潤揚長江公路大橋	1,490	6	中国	○
2009	舟山西候門大橋	1,650	2	中国	◎
2012	南京長江第四大橋	1,418	7	中国	
2013	李舜臣大橋	1,545	5	韓国	
2015 (予定)	第三ボスボラス橋	1,408	9	トルコ	
2016 (予定)	イズミット湾横断橋	1,550	4	トルコ	◎

材料開発の進捗とスケールアップを可能にする橋梁技術の発展、各国の社会・経済環境を掌握し、プロジェクト案件を調査・探索するプロジェクト開発部。「現在、中国をはじめ海外での大型橋梁案件を中心に、現地の技術ニーズを捉えて棒線事業部につなぎ、研究・製造・営業部門、グループ会社と連携をとりながら、プロジェクトへの参画に挑んでいます。新開発ワイヤは、これまで考えられなかった距離の長大橋建設を可能にすることで、従来のスペックを変えてしまいうインパクトを持っています。今後はフィヨルドを横断する3700メートル級長大橋など、従来の常識を超えた最先端の橋梁計画への参画を実現していきます」（岡田主幹）

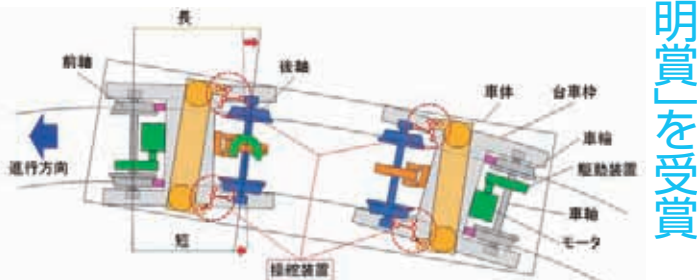
「当社はすでに長大橋ケーブルでは世界市場のメインシェアを占めていますが、さらに採用実績を増やしてブランド力を高め、当社線材商品への世界的信頼を獲得することが使命です。高強度ワイヤの需要は長大橋ケーブルに加えて、浮体式橋梁の係留用ワイヤやコンクリート構造物のPC鉄筋、重量物吊上用の高強度ロープ、送電線の芯材など、インフラ・エネルギー分野を中心にさまざまな分野が考えられます。高強度・高延性・安定した品質のメリットを訴求する提案活動に取り組んでいきます」（那須主幹）

『環境・社会報告書2015』
を発行
<http://www.nssmc.com/csr/report/>

新日鉄住金は『環境・社会報告書2015』を発行しました。事業全般の状況はもとより、環境経営という考え方、社会との関わりなど、多岐にわたる新日鉄住金の取り組みを掲載しています。本年度版からはウェブサイトに掲載している記事・情報との一体性を高めるため、各記事にURLとQRコードを表記しました。記事は新日鉄住金ウェブサイトで公開します。

全国発明表彰で「発明賞」を受賞

新日鉄住金は(公社)発明協会による平成27年度全国発明表彰で、東京地下鉄(株)と共同開発した「鉄道車両用の操舵台車の発明」で「発明賞」を受賞しました。今回の発明は、急曲線が多数存在する地下鉄のような通勤路線で、優れた走行性能を発揮する鉄道車両用台車に関する独創的な技術です。東京メトロ銀座線1000系車両に適用され2012年4月から営業走行を開始しています。



曲線通過時にレールの曲線に沿うように、車軸の位置を調整する

操舵台車を採用した
東京地下鉄銀座線1000系車両
(©東京地下鉄(株))

チタン合金が
「本多フロンティア賞」を受賞

新日鉄住金は「スーパータイエックス® 51AF」や「スーパータイエックス® 10CU」をはじめとした独自のチタン合金の開発で、(公財)本多記念会より「本多フロンティア賞」を受賞しました。チタン合金の基礎研究から実用化、市場開拓までの一貫した研究開発が評価されました。今後も自動車エンジンパーツ、排気系部品、ゴルフクラブ、航空機械部品など、チタン製品のさらなる適用拡大を進めていきます。



スーパータイエックス®製コンロッド(上)が搭載されたヤマハYZF-R1M(下)
(©ヤマハ発動機(株))



スーパータイエックス®を
フェースに使用したゴルフ
クラブ

(©ダンロップスポーツ(株))



羽田空港D滑走路橋脚

新日鉄住金ステンレス(株)は、ステンレスライニングジャケットの羽田空港D滑走路橋脚への適用で、国際ステンレススチールフォーラム(ISSF)の2015年ニューアプリケーションズ・アワード最優秀新技術賞を受賞しました。「NSSC[®]270」を使用した耐海水ステンレス鋼薄膜ライニング工法が、耐食性能およびライフサイクルコスト面で非常に優れているため、初めて空港施設への大規模な適用を実現したことが高く評価されました。

ISSF 最優秀新技術賞を受賞



タフガード[®]マイルド



タフガード[®]フロストを使用した河川護岸用かごマット

新日鉄住金は滑面高耐食性めつき線「タフガード[®]マイルド」を開発しました。曲げ加工部や溶接部の耐食性に優れ、金網などの幅広い用途への活用により、インフラ長寿命化ニーズへの貢献が可能です。タフガードシリーズは、亜鉛アルミニウム合金めつきにマグネシウムを添加することで耐食性を約5倍に向上。すでに販売している「タフガード[®]フロスト」は河川護岸用かごマットに採用され、耐久性が高く評価されています。

滑面高耐食性めつき線を開発



名取第一中学校・増田中学校吹奏楽部の皆さんと

(公財)新日鉄住金文化財団は、音楽を通して東北復興を支援するため、紀尾井シンフォニエッタ東京のメンバーが、3年前から現地の吹奏楽部の生徒などへのクリニックを行っています。今年は5月30〜31日、宮城県名取市(名取第一中ほか)と石巻市(石巻西高校ほか)を訪問しました。代表者からは「今日学んだことを、明日からのパート練習や、全体での音づくりに活かして頑張りたいと思います」との言葉が寄せられました。

第3回東北音楽支援を実施



石巻の被災地を視察



「季刊新日鉄住金」バックナンバー

本誌では鉄道、船、橋、缶、車などをテーマに特集を組んできました。QRコードを読み取ることで、バックナンバーをご覧いただけます。また、送付を希望される方にはご指定の住所へ無料でお届けいたします。お申し込みください。

<http://www.nssmc.com/company/publications/quarterly-nssmc/2013.html>



伝統を守る
新たな瓦屋根、
チタン。

発見されてから約200年、量産化成功から約70年という新しい金属、チタン。いまでは寺院の屋根瓦や鬼瓦に採用され、伝統を未来につなぐ役割を果たしています。軽く、強く、耐食性、耐熱性、意匠性にも優れ、永い時を重ねる建築物にはうってつけの素材。新日鉄住金では、チタンの優れた特性とともに加工性を高め、さまざまなニーズに応えるオリジナルのチタンをお届けしています。建材分野はもちろん、航空機や自動車、ゴルフクラブやメガネフレーム、人工骨まで用途を広げて、ますます身近に——新日鉄住金は、チタンも世界へ。